

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**MÁQUINA DE PESADO AUTOMÁTICO PARA PANELA
GRANULADA.**

AUTOR: GERMÁN VACA AGUIRRE

DIRECTOR: ING. OCTAVIO ARIAS

IBARRA - ECUADOR

JUNIO 2013

DECLARACIÓN

Yo, GERMÁN VACA AGUIRRE, declaro que este trabajo es de autoría propia, ya que no ha sido presentado para ningún trabajo de grado, y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente trabajo.

(Firma) 

Nombre: Vaca Aguirre Germán

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo, fue desarrollado por el Señor Germán Vaca Aguirre, bajo la supervisión del que certifica.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Germán Vaca Aguirre", written over a horizontal dashed line.

Ing. Octavio Arias
DIRECTOR DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. Identificación de la obra

La Universidad Técnica del Norte dentro del Proyecto Repositorio digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos en esta forma, con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo que pongo la disposición de la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
Cédula:	100365223-5
Apellidos y Nombres:	Vaca Aguirre Germán
Dirección:	Caranqui- Conjunto Genova casa 68
E-mail:	solopanas_661@hotmail.com
Teléfono:	0988323687

DATOS DE LA OBRA	
Título:	Máquina de pesado automático para panela granulada.
Autor:	Vaca Aguirre Germán
Fecha:	2013-05-27
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniero en Mecatrónica
Director:	Ing. Octavio Arias.

2. Autorización de uso a favor de la Universidad

Yo, Vaca Aguirre Germán, con cédula de identidad 100365223-5, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el repositorio Digital Institucional y uso del archivo en la biblioteca de la universidad con fines académicos, para aplicar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior , Artículo 144.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Vaca Aguirre Germán, con cédula de identidad 100365223-5, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado Máquina de Pesado Automático para Panela Granulada, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi calidad de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma) 

Nombre: Vaca Aguirre Germán

Cédula: 100365223-5


Ibarra, a los 27 días del mes de mayo del 2013

CONSTANCIA

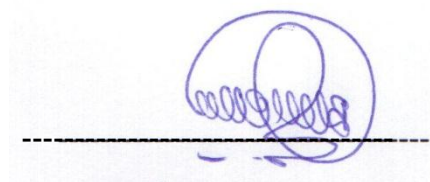
Yo, GERMÁN VACA AGUIRE, manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 27 días del mes de Mayo de 2013

EL AUTOR: ACEPTACIÓN:



GERMÁN VACA AGUIRE
100365223-5
AUTOR



ING. BETTY CHÁVEZ
JEFE DE BIBLIOTECA

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme gozar de vida y salud, por darme la oportunidad de tener a mis padres junto a mí, aportando positivamente en mi vida, lo que me ha permitido ser mejor con el paso del tiempo.

A mis padres quienes con sus consejos y apoyo incondicional me han sabido guiar por el camino correcto y gracias a ellos hoy veo realizado uno de mis más grandes sueños este proyecto de tesis.

DEDICATORIA

A mis padres Germán y Sulema quienes han sido un pilar fundamental en el trascurso de mi vida universitaria, ellos han sido quienes me han apoyado incondicionalmente en los momentos de angustia y alegría.

A mi hermano por ser un apoyo incondicional, por sus palabras de aliento que siempre estuvieron presentes.

PRESENTACIÓN

La creación de la máquina de pesado automático para panela granulada, es una alternativa que solucionará los problemas existentes en la empresa.

Esta máquina evitará la compactación de panela a la vez dosificará, teniendo en un sistema la solución a dos problemas.

Una vez que la panela es dosificada pasa al sistema de pesaje donde se controlará la cantidad indicada.

El sistema de pesado servirá para mediciones de una libra y un kilo.

Las unidades producidas serán controladas y visualizadas en una pantalla.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO PÁGINA

Portada	i
Declaración	ii
Certificación	iii
Autorización de uso y publicación a favor de la UTN	iv
Cesión de derechos de autor del trabajo de grado a favor de la UTN	vi
Declaración	vii
Agradecimiento	viii
Dedicatoria	ix
Presentación	x
Índice general	xi
Índice de tablas	xvi
Índice de figuras	xviii
Resumen	xxi
Abstract	xxii

CAPÍTULO 1

1. TEORÍAS DE MÁQUINAS EMPACADORAS	1
1.1. Maquinas empacadoras	1
1.2. Tipo de maquinaria	2
1.2.1. Empacadoras volumétricas	2
1.2.2. Empacadoras con sistema másico	3
1.2.3. Empacadoras multicabezal	4
1.3. Métodos de empacado	6
1.3.1. Empacado vertical	6
1.3.2. Empacado horizontal	7
1.4. Métodos de dosificación	7
1.4.1. Dosificación volumétrica	7
1.4.2. Por tornillo	7
1.4.3. Por tiempo	7
1.4.4. Dosificación por peso	8
1.5. Técnicas de sellado	8
1.5.1. Calor	8
1.5.2. Ultrasonido	8
1.6. Materiales utilizados en la industria	9
1.6.1. Acero AISI - SAE 1045	9
1.6.2. Acero inoxidable AISI 304	10

CAPÍTULO 2

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	11
2.1. Panela granulada	11
2.2. Proceso de elaboración	11
2.2.1. Corte y transporte de la caña de azúcar	11
2.2.2. Extracción de jugos.	11
2.2.3. Clarificación de los jugos de caña	12
2.2.4. Evaporación de los jugos de caña	13
2.2.5. Punteo	14
2.2.6. Batido y enfriamiento	14
2.2.7. Granulación y secado de la panela	14
2.2.8. Pesado manual	14

CAPÍTULO 3

3. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÁS ADECUADA	17
3.1. Introducción	17
3.1. Sistema dosificador	19
3.1.1. Dosificación por volumen	19
3.1.2. Dosificación por tiempo	20
3.1.3. Dosificación por tornillo	21
3.1.4. Selección de alternativa más adecuada.	22
3.1. Sistema formador de funda	24
3.1.1. Anillo de moldeo	24
3.1.2. Cuello circular	25
3.1.3. Selección de alternativa más adecuada.	26
3.2. Sistema de arrastre de papel	27
3.2.1. Arrastre por tornillo	28
3.2.2. Arrastre por mecanismo de sellado	29
3.2.3. Arrastre por bandas	30
3.3.4. Selección de alternativa más adecuada.	30
3.4. Sistema de almacenamiento de panela	32
3.4.1. Tolva cuadrada	32
3.4.2. Tolva cónica	33
3.4.3. Tolva octagonal	34
3.4.4. Selección de alternativa más adecuada.	35
3.5. Sistema de la compuerta de distribución	36
3.5.1. Apertura neumática	37
3.5.2. Apertura neumática deslizante	38
3.5.3. Selección de alternativa más adecuada.	39

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS	41
4.1. Cálculo de la tolva	41
4.1.1. Densidad de la panela	41
4.1.2. Masa de panela	42
4.1.3. Dimensionamiento de la tolva	42
4.1.4. Selección de metal para la elaboración de la tolva	46
4.1.5. Cálculo de motor para la dosificación de la panela	46
4.2. Sistema de dosificación	53
4.2.1. Selección de un cilindro neumático para la compuerta de distribución.	55
4.3. Material del Sistema de pesaje	58
4.3.1. Sistema de pesaje	58
4.3.2. Selección de un cilindro neumático para el sistema de pesaje.	60
4.4. Sistema de despacho	61
4.4.1. Tubo distribuidor	62
4.4.2. Cuello formador	63
4.5. Sistema arrastre de material de empaque	63
4.5.1. Cálculo de motor para el arrastre	65
4.5.2. Diseño del eje para el sistema de arrastre	68
4.6. Cálculo de la estructura de la máquina	81
4.7. Tornillo sin fin	83

CAPÍTULO 5

5. SISTEMA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	85
5.1. Sistema de dosificación	89
5.2. Sistema de compuerta dosificadora	89
5.3. Sistema de pesaje	90
5.4. Sistema de arrastre de material	91
5.5. Diagramas de flujo de los sistemas	92
5.6. Configuración de la pantalla táctil	94
5.6.1. Diseño de las ventanas de HMI	96
5.6.2. Proceso automático	98
5.6.3. Proceso manual	100
5.7. Programación	102
5.7.1. Principal	102
5.7.2. Inicio –fin	103
5.7.3. Proceso manual	104

CAPÍTULO 6

6. CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA, MONTAJE Y ANÁLISIS DE COSTOS	107
6.1. Diseño mecánico	107
6.2. Construcción	109
6.3. Montaje tolva	116
6.4. Montaje Sistema de dosificación	117
6.5. Montaje del Sistema de pesaje	117
6.6. Montaje Sistema de arrastre	118
6.7. Montaje del cuello formador	119
6.8. Montaje tornillo sin fin	120
6.9. Pintura de estructura de la máquina	120
6.10. Montaje Sistema neumático	121
6.11. Montaje Tablero de control del PLC	121
6.12. Montaje de motores y su tablero de control	123
6.13. Análisis de costos	124
6.13.1. Costos de construcción	124
6.13.1.1. Costos directos	124
6.13.1.2. Costos indirectos	126

CAPÍTULO 7

7. PRUEBAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA	127
7.1. Protocolo de pruebas de funcionamiento en vacío	127
7.1.1. Ensamblaje	127
7.1.2. Dosificación	128
7.1.3. Material de empaque (movimiento manual)	128
7.1.4. Arrastre del material de empaque (movimiento manual)	128
7.2. Protocolo de pruebas de funcionamiento con carga	128
7.2.1. Dosificación	128
7.2.2. Material de empaque	129
7.2.3. Arrastre del material de empaque	129
7.3. Análisis y calibración de los sistemas	129
7.3.1. Análisis tornillo de dosificación.	129
7.3.2. Análisis del cerrado de las válvulas (dosificación y pesado)	129
7.3.3. Análisis cuello formador	130
7.3.4. Análisis sistema de arrastre del plástico	131
7.4. Tablas de pruebas con el sistema funcionando	131
7.4.1. Calibración de los sensores de peso	131
7.4.2. Calibración de la presión de aire	134
7.4.3. Error válvulas de cerrado.	135

7.4.4. Error en pesaje.	136
7.4.5. Medición del tiempo de llenado del depósito de pesaje.	137
7.5. Análisis de las tablas de pruebas	138
7.5.1. Calibración de los sensores de peso	138
7.5.2. Calibración de la presión de aire	138
7.5.3. Error de la válvula de cerrado del Sistema de dosificación	139
7.5.4. Error en pesaje	139
7.5.5. Medición del tiempo de llenado del depósito de pesaje	139
7.6. Conclusiones	141
7.7. Recomendaciones	143
7.8. Bibliografía.	144
7.9. Direcciones electrónicas	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Datos obtenidos de la situación actual de la producción de panela granulada	15
Tabla 3.1. Parámetros con ponderación en selección de elementos	19
Tabla 3.2. Evaluación de parámetro Eficiencia (Sistema dosificación)	23
Tabla 3.3. Evaluación de parámetro Manufactura (Sistema de dosificación)	23
Tabla 3.4. Evaluación de parámetro Reemplazo de componentes (Sistema de dosificación)	23
Tabla 3.5. Evaluación de parámetro Costo (Sistema de dosificación)	23
Tabla 3.6. Conclusiones de Selección de elementos (Sistema de dosificación).	23
Tabla 3.7. Evaluación de parámetro Eficiencia (Sistema formador de funda)	26
Tabla 3.8. Evaluación de parámetro Manufactura (Sistema formador de funda)	26
Tabla 3.9. Evaluación de parámetro Reemplazo de componentes	26
Tabla 3.10. Evaluación de parámetro Costo (Sistema formador de funda)	26
Tabla 3.11. Conclusiones de Selección de elementos (Sistema formador de funda).	27
Tabla 3.12. Evaluación de parámetro Eficiencia (Sistema de arrastre de papel)	30
Tabla 3.13. Evaluación de parámetro Manufactura (Sistema de arrastre de pape)	31
Tabla 3.14. Evaluación de parámetro Reemplazo de componentes (Sistema de arrastre de papel)	31
Tabla 3.15. Evaluación de parámetro Costo (Sistema de arrastre de papel)	31
Tabla 3.16. Conclusiones de Selección de elementos (Sistema de arrastre de papel).	31
Tabla 3.17. Evaluación de parámetro Eficiencia (Sistema de almacenamiento de panela).	35
Tabla 3.18. Evaluación de parámetro Manufactura (Sistema de almacenamiento de panela)	35
Tabla 3.19. Evaluación de parámetro Reemplazo de componentes (Sistema de almacenamiento de panela)	35
Tabla 3.20. Evaluación de parámetro Costo (Sistema de almacenamiento de panela)	36
Tabla 3.21. Conclusiones de Selección de elementos (Sistema de almacenamiento de panela)	36
Tabla 3.22. Evaluación de parámetro Eficiencia (Sistema compuerta de distribución)	39

Tabla 3.23. Evaluación de parámetro Manufactura (Sistema compuerta de distribución)	39
Tabla 3.24. Evaluación de parámetro Reemplazo de componentes (Sistema compuerta de distribución)	39
Tabla 3.25. Evaluación de parámetro Costo (Sistema compuerta de distribución)	39
Tabla 3.26. Conclusiones de Selección de elementos (Sistema compuerta de distribución).	40
Tabla 4.1. Coeficientes rozamientos tolvas	56
Tabla 4.2. Coeficientes rozamientos tolvas	56
Tabla 4.3. Diseño de ejes	79
Tabla 4.4. Diseño de ejes corregida	79
Tabla 4.5. Análisis de Cargas	82
Tabla 5.1. Análisis de entradas y salidas digitales	87
Tabla 5.2. Análisis de entradas y salidas analógicas	88
Tabla 5.3. Análisis de entradas y salidas	94
Tabla 6.1. Costos directos	124
Tabla 6.2. Costos de mecanizado	125
Tabla 6.3. Costos de ensamblaje	125
Tabla 6.4. Costos indirectos	126
Tabla 6.5. Costo Total	126
Tabla 6.6. Costo elementos neumáticos	126
Tabla 7.1. Pruebas tornillo de dosificación	129
Tabla 7.2. Pruebas válvula dosificación	130
Tabla 7.3. Pruebas válvula pesaje	130
Tabla 7.4. Pruebas válvula pesaje	130
Tabla 7.5. Pruebas válvula pesaje	131
Tabla 7.6. Peso de la balanza vs. Peso de la máquina	132
Tabla 7.7. Peso de la balanza vs. Peso de la máquina	134
Tabla 7.8. Peso de la balanza vs. Peso de la máquina	135
Tabla 7.9. Peso de la balanza vs. Peso de la máquina	136
Tabla 7.10. Banco de pruebas	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Máquina empacadora Marconi	3
Figura 1.2. Máquina empacadora de caramelo en polvo	4
Figura 1.3. Empacadora ref: lv 500	5
Figura 1.4. Máquina indelsa	6
Figura 2.1. Clarificantes naturales yausavara	12
Figura 2.2. Evaporación de los jugos de caña (Otavalillo)	13
Figura 3.1. Gráfico Alternativa 1 (Sistema de dosificación)	19
Figura 3.2. Gráfico Alternativa 2 (Sistema de Dosificación)	20
Figura 3.3. Gráfico Alternativa 3 (Sistema de Dosificación)	21
Figura 3.4. Gráfico Alternativa 1 (Sistema formador de funda).	24
Figura 3.5. Gráfico Alternativa 1 (Sistema formador de funda).	25
Figura 3.6. Gráfico Alternativa 1 (Sistema de arrastre de papel)	28
Figura 3.7. Gráfico alternativa 2 (Sistema de arrastre de papel)	29
Figura 3.8. Gráfico Alternativa1 (Sistema almacenamiento de panela)	32
Figura 3.9. Gráfico Alternativa 2 (Sistema almacenamiento de panela)	33
Figura 3.10. Gráfico Alternativa 3 (Sistema almacenamiento de panela)	34
Figura 3.11. Gráfico Alternativa 1 (Sistema compuerta de distribución)	37
Figura 3.12. Gráfico Alternativa 2 (Sistema compuerta de distribución)	38
Figura 4.1. Tolva	42
Figura 4.2. Tolva parte cilíndrica	43
Figura 4.3. Tolva parte cónica	45
Figura 4.4. Sistema de pesaje	54
Figura 4.5. Sistema de pesaje	59
Figura 4.6. Tubo distribuidor	63
Figura 4.7. Rodillos Sistema de arrastre	64
Figura 4.8. Diagrama de fuerzas	72
Figura 4.9. Diagrama de reacciones en Y	73
Figura 4.10. Diagramas de corte y momentos en Y MDSolids	74
Figura 4.11. Diagrama de reacciones en Z	75
Figura 4.12. Diagramas de corte y momentos en Z MDSolids	75
Figura 4.13. Manual de rodamientos interactivo SKF	80
Figura 4.14. Tipo de rodamientos interactivo SKF	81

Figura 6.36. Montaje 1 tornillo sin fin	120
Figura 6.37. Pintura Estructura	121
Figura 6.38. Montaje sistema neumático	121
Figura 6.39. Montaje tablero de control PLC	122
Figura 6.40. Montaje 2 tablero de control PLC	123
Figura 6.41. Montaje de motores	123
Figura 6.42. Montaje de tablero de control de las motores	124
Figura 7.1. Rango de permisividad del peso balanza vs. Peso del sistema de pesaje de la máquina (460gr)	133
Figura 7.2. Rango de permisividad del peso balanza vs. Peso del sistema de pesaje de la máquina (1000gr)	133
Figura 7.3. Tiempo de llenado (seg) vs. Cantidad de producto en la tolva (kg)	137

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A1: Platinas en acero Inoxidable AISI 304	147
ANEXO A2: Eje acero inoxidable	148
ANEXO A3: Propiedades químicas eje acero inoxidable	148
ANEXO A4: Perfiles estructurales	149
ANEXO A5: Perfiles importados (ángulos)	150
ANEXO A6: Panchas inoxidables	151
ANEXO A7: Formato de mantenimiento	152
ANEXO A8: Manual de usuario	153
Certificación de la Empresa	
Planos mecánicos	
Diagrama de conexión eléctrica	

RESUMEN

El presente trabajo de grado está compuesto por 7 capítulos, los que permiten obtener el objetivo deseado.

El primer paso para realizar este trabajo fue el dimensionamiento de todos los elementos de la máquina.

Luego se analizó si los materiales seleccionados existen en el mercado local, con lo que se garantizó el óptimo desarrollo del proyecto.

Una vez analizados y comprobados los aspectos antes mencionados, se procedió a la construcción de la máquina. Lo primero en construirse fueron: la tolva y la estructura, con lo cual se tuvo una idea clara de la dimensión que iba a alcanzar nuestra máquina.

Seguidamente se procedió a realizar el diseño y construcción del cuello formador; este paso tomó mucho tiempo y dedicación; se realizó tres prototipos del mismo elemento antes de obtener el óptimo. Una vez realizado este se procedió con el dimensionamiento y construcción del sistema de arrastre y templado del plástico, por último la construcción del tornillo sin fin.

La última parte fue la implementación del sistema de control, el que está compuesto por un Programador Lógico Computarizado (PLC), el encargado de controlar todo el sistema.

Para modificar la velocidad de los motores tanto del tornillo sin fin como del sistema de arrastre, se utilizó un variador de frecuencia.

La visualización de los datos del proceso es observada y controlada desde una pantalla táctil.

Luego de concluir los procesos antes mencionados, se procede a realizar el respectivo análisis del funcionamiento de los sistemas que no es más que las pruebas de operación y mantenimiento de la máquina de pesado.

ABSTRACT

This work consists of degree 7 chapters, allowing them to obtain the desired goal.

The first step in this work was the design of all elements of the machine.

Then analyzed whether the selected materials exist in the local market, there by guaranteeing the optimal development of the project.

Once analyzed and verified the above aspects, we proceeded to the construction of the machine. The first to be built were the hopper and structure, thus had a clear idea of the size that would achieve our machine. He then proceeded to perform the design and construction of the neck forming, in this step required a lot of time and dedication, was the same three prototypes before achieving the most optimal. After this we proceeded with the dimensioning and construction of the drive system and hardened plastic. Finally the auger construction.

The last part was the implementation of the control system; it is composed of a Logical Computer Programmer, which is responsible for controlling the entire system.

To change the speed of both engines and the screw drive system, we used an inverter.

The data display process is monitored and controlled from a touch screen.

After finishing the above processes, it proceeds to perform the analysis of the operation of respective systems is merely testing operation and maintenance of the weighing machine.